II. Puente Animas

1. Localización: Vereda Animas en la localidad de Sumapaz.
Localización geográfica:
Coordenadas
X = 949.360 m Norte
Y = 989.140 m Este

Altimetría: 2825 y 2850 msnm
Rumbo: N27°W

Ver esquema anexo para localización del puente (Figura 1).

2. Características de la estructura:

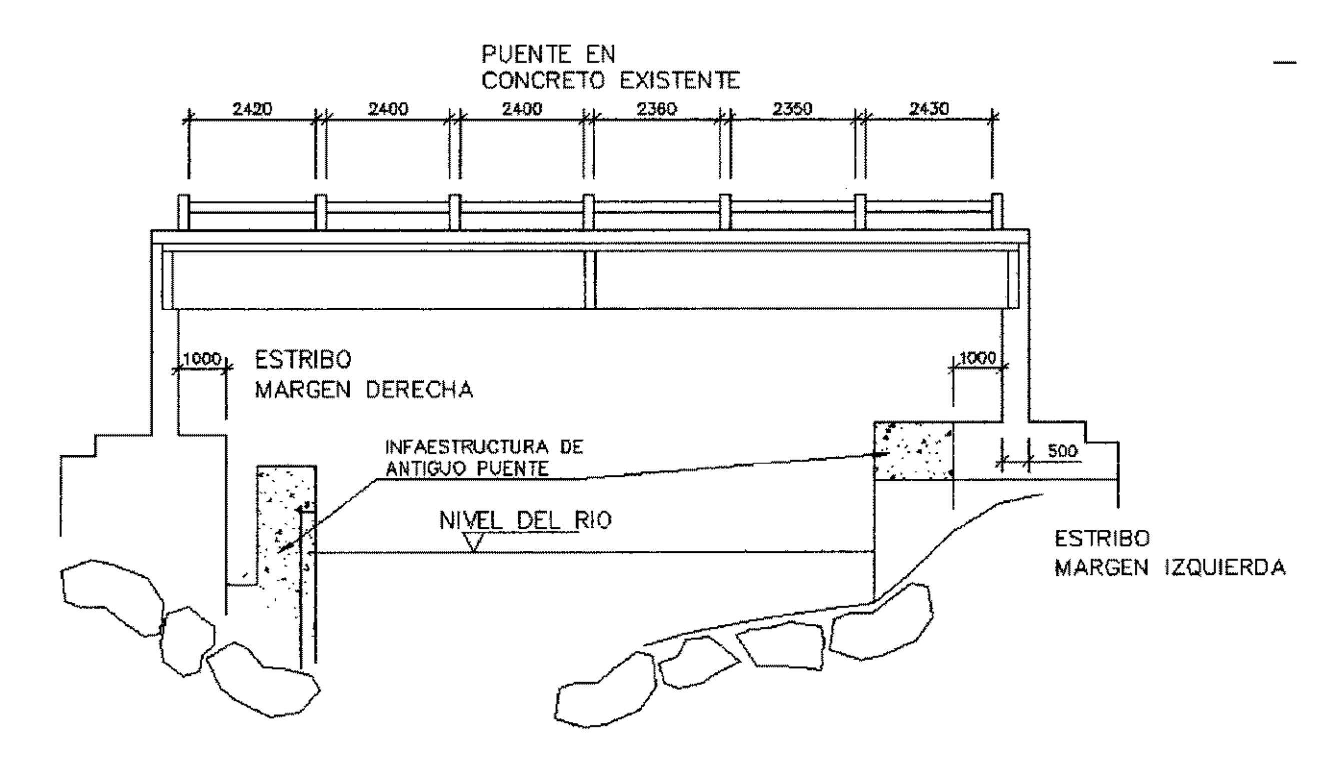


Figura 4 – Esquema Puente Existente Vereda Animas.

El puente Animas sobre la quebrada Chochal, es una estructura en concreto de una luz de 16.45m, simplemente apoyada y construida originalmente para el paso de vehículos. Este puente no tiene adecuados accesos vehiculares y por lo tanto su uso es para el paso peatonal de los habitantes de la zona.

Los requisitos del proyecto emitidos por el IDU exigen diseñar las estructuras de acceso para un uso exclusivo peatonal. (Foto 12 – Estructura en Concreto)

La estructura de concreto consta de dos vigas de altura igual a 1.10m que soportan un tablero de 15cm de espesor y ancho igual a 4.58m. El tablero de concreto soporta una baranda de concreto de altura igual 0.95m. (Foto 13 Vigas de concreto de la superestructura existente)

El arriostramiento lateral de las vigas de concreto es dado por 3 riostras se sección rectangular igual a 1.0 x 0.2, las riostras están localizadas dos en los extremos apoyadas sobre los estribos y una riostra en la mitad de la luz.

El puente esta apoyado sobre estribos de concreto, de altura 5.6m y ancho de espaldar 0.50m. Los estribos se encuentran protegidos por estructuras de protección (Estribos del puente antiguo) que mitigan los posibles efectos de socavación. (Foto 14: Estribo margen derecha y estructura de protección)

La estructura cuenta con un acceso elaborado en madera en la margen derecha de manera muy artesanal apoyado por párales aproximadamente en la mitad de su luz; el acceso en la margen izquierda es dado por material de relleno proveniente de deslizamientos que son apilados por el estribo del puente. (Foto 15: Acceso temporal sobre la margen derecha , Foto 16: Acceso temporal sobre la margen izquierda)

3. Materiales empleados

De la inspección visual realizada y ensayos de laboratorio se concluye que se emplearon en la estructura los siguientes materiales en la estructura existente:
Concreto de los estribos y torres: f'c = 250 kg/cm2
Concreto superestructura: f'c = 260 kg/cm2

La solución de acceso diseñada utiliza los siguientes materiales:
Acero: Laminas ASTM A-36
Ángulos ASTM A-36
Tornillos SAE Gr 5
Soldadura: E60XX o E70XX
Concreto accesos f´c = 3000psi (210kg/cm2)
Metaldeck 2" Calibre 22
Pintura: Anticorrosivo imprimante epóxico, Esmalte Uretano

4. Inspección del puente

La estructura de concreto no presenta inestabilidad en sus apoyos debido a la protección ofrecida por la antigua estructura de soporte, esta protección ha evitado la socavación de los estribos, logrando así la durabilidad de la estructura. (Foto 17 – Estructura de protección margen Izquierda)

No existen desagües en la superestructura ocasionando el empozamiento de aguas.

El concreto de las vigas evidencia una mala granulometría ya que el agregado grueso es de diámetros muy grandes (mayores a 1"). También hay evidencia de mala compactación y colocación del concreto. Las deficiencias constructivas también están en la presencia de restos de formaletas y material de construcción al interior de las vigas (Foto 18 – Concreto deficientemente compactado y colocado)

Las deficiencias constructivas de la estructura de concreto han llevando a que se pierda el recubrimiento proporcionado al refuerzo y este quede a la intemperie; estructuralmente la ultima fila de aceros no cumple con su función de soporte de cargas ya que no hay contacto entre el concreto y el acero. Este fenómeno es generalizado en toda la longitud de la viga. La exposición de las varillas ha ocasionado que se inicie el proceso de corrosión en la superficie de estas. (Foto 19 – Refuerzo de acero, exposición de varillas (Foto 20 – Presencia de formaleta de obra alrededor delas vigas, Foto 21 – Presencia de escombros de obra en la viga)

Sobre las márgenes del puente hay inestabilidad del suelo superficial, sin embargo en la margen izquierda este material ha sido utilizado para crear el acceso al puente. La inestabilidad del suelo hace que sea necesario diseñar estructuras, que en lo posible no se apoyen sobre el terreno y que mas bien puedan ser adosadas a la estructura actual aprovechando la gran rigidez que esta ofrece. De igual forma, el nivel de cargas a que serán sometidas las nuevas estructuras no es alto y permitirá diseñar estructuras livianas.

5. Capacidad del Puente

Para evaluar la capacidad de la estructura de concreto se encontró la resistencia nominal de la estructura (ϕMn y ϕVn) y se comparó contra los momentos y cortantes últimos encontrados con las cargas mayoradas, en este análisis no se tuvo en cuenta la ultima fila de aceros (4 No 8). Las cargas evaluadas para la revisión son:

- Carga muerta = Peso propio elementos de la superestructura
- Carga viva = 400kg/m2

Combinación de carga = 1.6CM + 2.1CV

Las nuevas estructuras de acceso al puente, se modelaron en computador con ayuda de un programa de análisis estructural y teniendo en cuenta las Normas Código Colombiano de Puentes y NSR-98.

El diseño de las estructuras de acero se realizó con base en el método de Esfuerzos Admisibles mientras que los elementos de concreto se revisaron por resistencia última.

La geometría del puente se estableció con base en la topografía realizada.

Procedimiento de análisis para nuevos accesos:

a. Avaluó de Cargas:

Carga Muerta: Con base a las secciones de las transversales de los elementos y las propiedades de masa materiales se establece la carga muerta del puente.

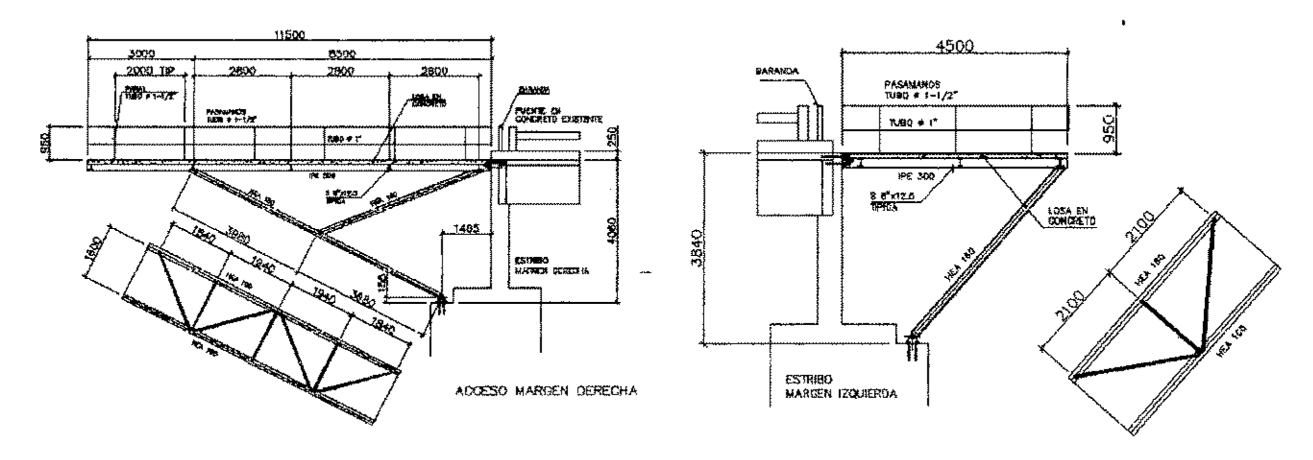


Figura 5 – Esquema de accesos

La carga muerta sobre la superestructura de los accesos se calcula para los siguientes elementos: Tablero en concreto, Barandas, Vigas longitudinales IPE 300, Vigas transversales S6x12.5, conexiones y tornillería como un porcentaje del peso de la estructura metálica.

La carga muerta total de la estructura incluye además el peso propio de los perfiles HE 160 y ángulos 3.5"x3.5"x1/4" o 3"x3"x1/4".

El peso del tablero es soportado por las vigas S6x12.5 y el peso de las barandas por las vigas IPE 300

Carga Viva: La carga viva para los accesos se establece en 400kg/m2. Esta carga es soportada por las vigas S6x12.5

Carga de Viento: La carga de viento se calculó de acuerdo a la norma NSR-98 que establece parámetros para determinar el valor de esta carga, no se calculó este valor con base en el Código Colombiano de Puentes ya que este código generaliza el valor de la carga y no tiene en cuenta parámetros de localización de la estructura, topografía y amenaza eólica (Vientos máximos). La carga de sismo la soportan los perfiles HE 160 y IPE 300 como cargas en el sentido transversal del acceso.

Carga de Sismo: De acuerdo a los parámetros sísmicos entregados por el estudio de suelos, se calculó el espectro de diseño y con ayuda del programa de análisis se calcula la fuerza inercial que hay que aplicar al modelo. El análisis simplificado

permitido por el Código de Puentes evalúa la carga inercial como un porcentaje de la carga muerta total.

b. Análisis y diseño de elementos estructurales:

Vigas estructura de concreto existente:
Se analizaron las vigas del puente trabajando en sección T soportando las siguientes cargas:

- Peso Propio
- Tablero
- Barandas
- Riostras

Diseño de accesos:
Vigas IPE 300 Elementos diseñados por Flexo - Tensión.
Vigas S6x12.5 Elementos diseñados por flexión en sección compuesta con el tablero Metaldeck 2".
Perfiles HE 160 Diseñados por Flexión biaxial – Compresión ó Flexión biaxial - Tensión.
Perfiles L 3.5"x3.5"x1/4" ó 3"x3"x1/4 Diseñados por Compresión

c. Conexiones:
Para el acceso de la margen derecha se diseñaron tres conexiones tipo aplastamiento; dos a corte y tensión y la tercera a corte.

Para el acceso a la margen izquierda se diseño una conexión tipo aplastamiento sometida a corte.

d. Análisis de deformaciones:

Para las diferentes hipótesis de carga se muestran los desplazamientos de los nudos de la estructura y se analizan los desplazamientos por carga muerta, carga viva y desplazamientos laterales máximos esperados.

e. Apoyos:

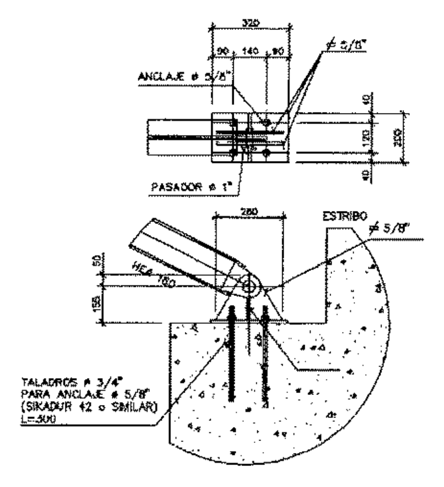


Figura 6 - Esquema típico de apoyo

El diseño de los apoyos incluye la verificación a corte, flexión y aplastamiento de l os pasadores, así como el diseño de las platinas de apoyo.

f. Metaldeck:

De acuerdo a los parámetros establecidos en el Manual Técnico de Metaldeck se verifica que las cargas máximas sobre el tablero de concreto sean menores a la capacidad de carga establecida para la sección compuesta de Metaldeck.

6. Diagnóstico, conclusiones y recomendaciones.

- Las nuevas estructuras de acceso diseñadas no implican el diseño de nuevas cimentaciones, por lo tanto no se generan nuevas cimentaciones.

- Reemplazar el concreto de vigas en su parte inferior en una altura de ±20cm con concreto de 4000psi (280kg/cm2) de baja retracción, con tamaño máximo del agregado de 3/8" ó utilizar Mortero Emaco S88. El procedimiento de reconstrucción de estas vigas, se establece de la siguiente manera:

Demolición parcial del concreto de la parte inferior de la viga en una altura de mas o menos 20cm o hasta encontrar concreto que este compactado adecuadamente según visto bueno del interventor; limpiar cualquier resto de suciedad o polvo que exista; Las varillas de acero deben limpiarse con grata y eliminar cualquier rastro de polvo que puedan quedar sobre la superficie de estas, si la reparación se realiza con concreto debe colocarse una capa de "Sikadur 32 Primer" como pegante y fundir el concreto; si la reparación se realiza con el mortero Emaco S88 la capa de "Sikadur 32 Primer" no es necesaria.

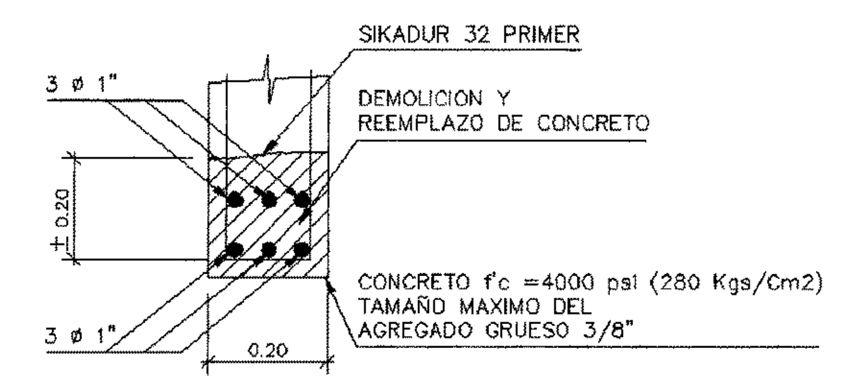


Figura 7 – Esquema de reconstrucción vigas de concreto

- Crear los desagües permanentemente con el fin de evacuar las aguas que puedan quedar empozadas.
- Estabilizar los taludes correspondientes a las márgenes derecha y derecha con el fin de colocar los gaviones de apoyo para los accesos.



Foto 12 – Estructura en Concreto Puente Animas



Foto 13 Vigas de concreto de la superestructura existente



Foto 14: Estribo margen derecha y estructura de protección



Foto 15: Acceso temporal sobre la margen derecha



Foto 16: Acceso temporal sobre la margen izquierda



Foto 17 – Estructura de protección margen Izquierda



Foto 18 – Concreto deficientemente compactado y colocado



Foto 19 – Refuerzo de acero, exposición de varillas

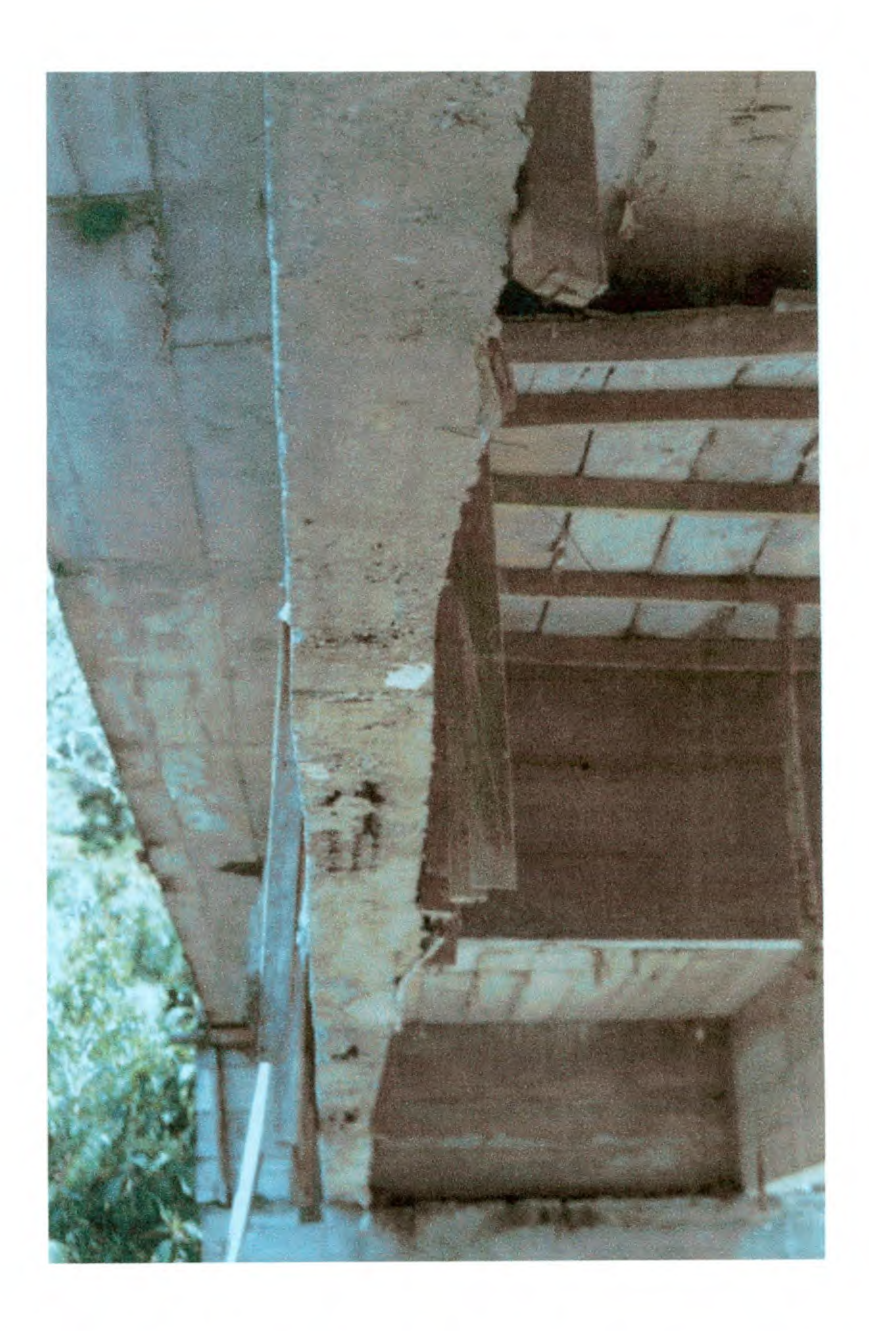


Foto 20 – Presencia de formaleta de obra alrededor delas vigas



Foto 21 – Presencia de escombros de obra en la viga